

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-128681

(43)Date of publication of application : 31.05.1991

(51)Int.Cl. H02N 2/00

(21)Application number : 02-011174

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 20.01.1990

(72)Inventor : TAKEUCHI YUKIHISA
KOMAZAWA MASATO
KIMURA KOJI

(30)Priority

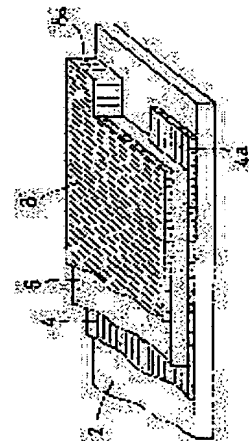
Priority number : 01178747 Priority date : 11.07.1989 Priority country : JP

(54) PIEZOELECTRIC/ELECTROSTRICTIVE FILM TYPE ACTUATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a piezoelectric/electrostrictive film type actuator having the high speed of response and large generating force by laminating a first electrode film, a piezoelectric/electrostrictive film and a second electrode film onto a ceramic substrate.

CONSTITUTION: A lower electrode film 4, a piezoelectric/electrostrictive film 6 and an upper electrode film 8 are laminated successively onto one surface of a ceramic substrate 2. The lower and upper electrode films 4, 8 are extended from the end section of the piezoelectric/electrostrictive film 6 respectively, lead sections 4a, 8a are shaped, and electricity is conducted through each electrode film 4, 8 through these lead sections 4a, 8a. The electric-field induced strain of the piezoelectric/electrostrictive film 6 is induced by conduction, and flexing displacement in the direction vertical to the board surface of the ceramic substrate 2 or generating force is developed by the transversal effect of the strain. Accordingly, large displacement is acquired at low driving voltage, and a piezoelectric/electrostrictive film type actuator, the speed of response of which is increased and the degree of integration of which can be improved, is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

⑫ 公開特許公報(A) 平3-128681✓

⑤ Int. Cl.⁵

H 02 N 2/00

識別記号

B

庁内整理番号

7052-5H

④ 公開 平成3年(1991)5月31日

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全8頁)

⑤ 発明の名称 圧電/電歪膜型アクチュエータ

⑪ 特 願 平2-11174

⑫ 出 願 平2(1990)1月20日

優先権主張 ⑬ 平1(1989)7月11日 ⑭ 日本(JP) ⑮ 特願 平1-178747

⑯ 発 明 者 武 内 幸 久 愛知県名古屋市緑区鳴海町字砦17番地
⑰ 発 明 者 駒 澤 正 人 愛知県名古屋市瑞穂区市丘町2丁目38番地の2
⑱ 発 明 者 木 村 浩 二 愛知県小牧市大字北外山2111番地の2
⑲ 出 願 人 日本碍子株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
⑳ 代 理 人 弁理士 中島 三千雄 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

圧電/電歪膜型アクチュエータ

2. 特許請求の範囲

- (1) セラミック基板の少なくとも一方の面上に、第一の電極膜と圧電/電歪膜と第二の電極膜との組合せからなる圧電/電歪駆動部の少なくとも一つが、それら膜が順次層状に積層せしめられて、形成されてなる構造を有する圧電/電歪膜型アクチュエータ。
- (2) 前記セラミック基板が、 $1.5 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 以上、 $4.5 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 以下のヤング率を有する請求項(1)記載の圧電/電歪膜型アクチュエータ。
- (3) 前記アクチュエータの厚みが $300 \mu\text{m}$ 以下であり、且つ前記セラミック基板の曲げ強度が 1200 kgf/cm^2 以上である請求項(1)記載の圧電/電歪膜型アクチュエータ。
- (4) 前記セラミック基板が、少なくとも、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ジルコニ

ウム、窒化アルミニウム、窒化珪素の何れかを主成分とする材料よりなることを特徴とする請求項(1)記載の圧電/電歪膜型アクチュエータ。

- (5) 酸化珪素の含有量が10重量%以下であるセラミック板状体が、前記セラミック基板として用いられている請求項(1)又は(4)記載の圧電/電歪膜型アクチュエータ。
- (6) 前記セラミック基板面上に、二つ以上の圧電/電歪駆動部を、積層形態において若しくは並設形態において設けた請求項(1)記載の圧電/電歪膜型アクチュエータ。
- (7) 前記セラミック基板の板厚が、 $100 \mu\text{m}$ 以下である請求項(1)又は(3)記載の圧電/電歪膜型アクチュエータ。
- (8) 前記圧電/電歪膜の厚さが、 $100 \mu\text{m}$ 以下である請求項(1)又は(7)記載の圧電/電歪膜型アクチュエータ。

3. 発明の詳細な説明

(技術分野)

本発明は、変位制御素子、個体素子モータ、イ

シノジェットヘッド、リレー、スイッチ、シャッター、プリントヘッド、ポンプ、ファン等に用いられる圧電／電歪膜型アクチュエータに関するものである。なお、ここで述べるアクチュエータとは、電気エネルギーを、機械エネルギーに変換、つまり機械的な変位又は応力に変換する素子を意味するものである。

(背景技術)

近年、光学や精密加工等の分野において、サブミクロンのオーダーで光路長や位置を調整する変位素子が所望されるようになってきており、これに応えるものとして、強誘電体等の圧電／電歪材料に電界を加えたときに惹起される逆圧電効果や電歪効果に基づくところの変位を利用した素子である圧電／電歪アクチュエータの開発が進められている。

ところで、この圧電／電歪アクチュエータの構造としては、従来から、モノモルフ型、ユニモルフ型、バイモルフ型、積層型等が知られているが、その中で、モノモルフ型、ユニモルフ型、バイモ

ルフ型は、電界誘起歪みの横効果を利用して屈曲変位を得るために、比較的大きな変位が得られるものの、発生力が小さく、また応答速度が遅く、電気機械変換効率が悪いという問題を内在するものであった。一方、積層型は、電界誘起歪みの縦効果を利用しているために、それら発生力や応答速度において優れ、また電気機械変換効率も高いものであるが、発生変位が小さいという問題を内在している。

しかも、それら従来のユニモルフ型やバイモルフ型のアクチュエータにおいては、何れも、圧電／電歪板等の板状の構成部材を接着剤を用いて張り付けてなる構造を採用するものであるために、アクチュエータとしての作動の信頼性にも問題があるものであった。

このように、従来の圧電／電歪アクチュエータには、それぞれ一長一短があり、また解決されるべき幾つかの問題を内在するものであったのである。

(解決課題)

ここにおいて、本発明は、かかる事情を背景にして為されたものであって、その課題とするところは、接着剤等で張り付けた構造ではなく、相対的に低駆動電圧で大変位が得られ、応答速度が速く、且つ発生力が大きく、また高集積化が可能である構造の圧電／電歪膜型アクチュエータを提供しようとするものである。

(解決手段)

そして、本発明にあっては、そのような課題解決のために、セラミック基板の少なくとも一方の面上に、第一の電極膜と圧電／電歪膜と第二の電極膜との組合せからなる圧電／電歪駆動部の少なくとも一つが、それら膜が順次層状に積層せしめられて、形成されてなる構造を有する圧電／電歪膜型アクチュエータを、その特徴とするものである。

(作用・効果)

このような本発明に従う圧電／電歪膜型アクチュエータ構造によれば、膜状の圧電／電歪体となるものであるところから、相対的に低駆動電圧に

て大変位が得られ、また応答速度が速く、且つ発生力も大きく、更には高集積化が可能となる特徴を発揮するのである。つまり、膜を基板上に層状に積み重ね、一体とした積層構造とすることによって、従来のバルクを用いた積層型とやや類似した構造にも拘わらず、電界誘起歪みの横効果による大きな屈曲変位が得られると共に、高応答速度と発生力大の特徴を併せ有する圧電／電歪膜型アクチュエータとなるのである。

また、本発明は、基板と電極膜若しくは電極膜と圧電／電歪膜を構成要件とするので、薄板を接合するような、従来のユニモルフ型、バイモルフ型等のアクチュエータで採用されているような、所謂接着剤を用いることなく一体化してなる圧電／電歪膜型アクチュエータのために、長期使用に対する信頼性も高く、また変位量ドリフトも小さい特徴を発揮するのである。

さらに、本発明に従う圧電／電歪膜型アクチュエータは、圧電／電歪駆動部が膜状に形成されるために、同一基板面上に多数個の素子の形成が容

易に出来、かかる圧電／電歪駆動部の高集積化が可能となる特徴も有しているのである。

なお、本発明に従う圧電／電歪膜型アクチュエータでは、低電圧駆動が可能で、しかも大きい屈曲変位・発生力を得るために、有利には、その厚さが $300\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $150\mu\text{m}$ 以下とされ、また、そのとき使用するセラミック基板の曲げ強度は、一般に、 $1200\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上、好ましくは $1500\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上の値となるように調整されることとなる。

(具体的構成・実施例)

以下、本発明に従う圧電／電歪膜型アクチュエータの具体的構造を示す図面を参照しつつ、本発明を、更に具体的に明らかにすることとする。

先ず、第1図は、セラミック基板の片面に圧電／電歪駆動部が設けられてなる、本発明に従う圧電／電歪膜型アクチュエータの一例を示すものであって、セラミック基板2の一方の面上に、下側電極膜4、圧電／電歪膜6及び上側電極膜8が順次積層され、多層に形成された一体構造とされて

は、複数の圧電／電歪駆動部(4, 6, 8)が、セラミック基板2上に並設形態において設けられており、特に、第3図及び第4図に示されるアクチュエータにおいては、それら複数の圧電／電歪駆動部(4, 6, 8)の間に位置するセラミック基板2にスリット10が入れられて、それぞれの圧電／電歪駆動部が互いに独立した形態とされている。また、第5図のアクチュエータにおいては、セラミック基板2に長手の矩形孔12が所定ピッチで設けられ、梯子状のセラミック基板2とされており、そしてこの梯子状のセラミック基板2の矩形孔12、12に挟まれた接続部2a上に、下側電極膜4と圧電／電歪膜6と上側電極膜8とからなる圧電／電歪駆動部がそれぞれ形成されている。なお、第3図において、14は、圧電／電歪膜6の背部で、下側電極膜4と上側電極膜8とを電気的に絶縁する絶縁膜である。

また、第6図に示される本発明に従うアクチュエータは、セラミック基板2上に、複数の圧電／電歪駆動部が積層形態において設けられてなる構

いる。なお、下側及び上側の電極膜4, 8は、それぞれ、圧電／電歪膜6の端部より延び出させられ、リード部4a, 8aを形成しており、それらリード部4a, 8aを通じて、それぞれの電極膜4, 8に通電が行なわれるようになっている。

また、第2図は、セラミック基板の両面に圧電／電歪駆動部が設けられた、本発明に従う圧電／電歪膜型アクチュエータの一例を示すものであって、セラミック基板2のそれぞれの面に対して、下側電極膜4、圧電／電歪膜6及び上側電極膜8が順次積層されて、熱処理により基板2と圧電／電歪駆動部(4, 6, 8)とが一体的な構造として形成されている。

また、第3図～第7図は、それぞれ、複数の圧電／電歪駆動部がセラミック基板上に設けられてなる、本発明に従うアクチュエータの異なる例を示すものであって、それら複数の圧電／電歪駆動部は、積層形態において或いは並設形態において、セラミック基板上に設けられている。

例えば、第3図～第5図に示される例において

造の一例に係るものであって、そこでは、下側電極膜4と圧電／電歪膜6と上側電極膜8とからなる圧電／電歪駆動部の二つが、セラミック基板2上に二段重ね状態にて一体的に形成されてなる構造とされている。なお、ここでは、上側電極膜8が二つの圧電／電歪駆動部の共通の電極膜として利用されている。

さらに、第7図に示される本発明に従う圧電／電歪膜型アクチュエータの例においては、一枚の大きなセラミック基板2上に、下側電極膜4と圧電／電歪膜6と上側電極膜8とからなる圧電／電歪駆動部の複数の、所定ピッチにて一体的に並設された構造において設けられている。

そして、上記の如き本発明に従う構造の圧電／電歪膜型アクチュエータにおいては、その下側電極膜4と上側電極膜8との間に従来と同様にして通電が行なわれ、それによって圧電／電歪膜6に電界が作用せしめられると、そのような電界に基づくところの圧電／電歪膜6の電界誘起歪みが誘起され、以てその横効果により、セラミック基板

2の板面に垂直な方向の屈曲変位乃至は発生力が発現せしめられるのである。

ところで、本発明に従う圧電／電歪膜型アクチュエータは、上記のように、振動板の如き作動板となるセラミック基板2上に、電極材料、圧電若しくは電歪材料及び電極材料にて、それぞれの膜4、6、8が多層に形成された構造を有するものであって、熱処理によって、基板2と圧電／電歪駆動部（下側電極膜4＋圧電／電歪膜6＋上側電極膜8）とが一体構造を形成し、接着剤は何等用いられていない特徴を有するものであるが、そのような圧電／電歪膜型アクチュエータは、次のようにして作製されることとなる。

すなわち、先ず、各材料からなる膜4、6、8をセラミック基板2上に形成するには、公知の各種の膜形成手法が適宜に利用され、例えば、スクリーン印刷の如き厚膜手法やディッピング等の塗布手法、スパッタリング、真空蒸着、メッキ等の薄膜手法等が利用され、特に限定されるものではないが、圧電／電歪膜6を形成する時には、スク

リーン印刷、ディッピング、塗布等による手法が好適に採用される。これは、圧電／電歪セラミック粒子を主成分とするペーストやスラリーを用いて基板上に膜形成することが出来、良好なアクチュエータ特性が得られるからである。また、そのような膜の形状は、スクリーン印刷手法、フォトリソグラフィ手法等を用いて、パターン形成する他、レーザー加工法やスライシング等の機械加工法を用いて不必要な部分を除去して形成しても良いが、その中でも、レーザー加工法や機械加工法を用いて基板と膜を同時に加工し、圧電／電歪駆動部の集積度を向上させることが好ましい。

また、作製されるアクチュエータの構造や膜の形状は、特に規定される訳ではなく、用途に合わせて、如何なる形状や構造であっても良く、例えば、三角形、四角形等の多角形、円、楕円、円環等の円形、楕状、格子状又はそれらを組み合わせた特殊形状であっても、何等差支えない。尤も、本発明の特徴を活かすためには、第3～7図に示されるような同一セラミック基板上に二つ以上の

圧電／電歪駆動部が集積された形状が有利に採用されることとなる。特に、その中でも、第3～4図や第5図に示されるような楕状等の形態のアクチュエータ構造の素子が、圧電／電歪駆動部の集積度と変位、振動特性が好ましく両立するために、望ましいものである。

なお、同一のセラミック基板上に多数の圧電／電歪駆動部を集積した、本発明に従うアクチュエータにおいては、かかる圧電／電歪駆動部が少なくとも3000 μ mピッチよりも狭いピッチで設けられた、高い集積度を持つことが好ましく、更には1000 μ mピッチよりも狭いピッチで、更に好ましくは500 μ mピッチよりも狭いピッチで、圧電／電歪駆動部を設けてなる、高い集積度を有するアクチュエータとするのが望ましい。

また、セラミック基板2上に上記の方法で形成されたそれぞれの膜4、6、8は、その膜の形成の都度熱処理されて、基板と一体構造となるようにされても良く、また全層形成した後、同時に熱処理して、各層が同時に基板に一体的に結合せし

められるようにしても良い。なお、かかる形成された膜を基板と一体化するための熱処理温度としては、一般に、800℃～1400℃程度の温度が採用され、好ましくは1100℃～1400℃の範囲の温度が有利に作用される。また、圧電／電歪膜を熱処理する場合には、高温時に圧電／電歪膜の組成が不安定とならないように、そのような圧電／電歪材料の蒸発源と共に、雰囲気制御を行ないながら、熱処理することが好ましい。更に、下側の電極膜は、一般に、セラミック基板に直接に設けられることとなるが、そのような基板との接合性を向上させる目的で、基板と電極膜との間に中間層膜を設けると好ましい場合もある。なお、ここで言う接合性とは、接着性と熱膨張率の整合性のことである。

本発明に従うアクチュエータの作製に際して用いられるセラミック基板2に関して、基板材料としては、機械的強度が大きく、前記熱処理が可能な絶縁体若しくは誘電体であれば、酸化物系であっても、非酸化物系であっても良いが、その中で

も、少なくとも、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ジルコニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素の何れかを主成分とした材料を用いて形成された基板が好ましく、特に酸化アルミニウム又は酸化ジルコニウムを主成分とする基板が、板厚が薄くても優れた基板特性が得られるところから、有利に用いられる。なお、そのようなセラミック基板材料中に含有される酸化珪素(SiO , SiO_2)の量は、10重量%以下が望ましく、特に3重量%以下とすることが望ましい。このような酸化珪素含有量の規制は、前述した圧電/電歪材料との熱処理中の反応を避け、良好なアクチュエータ特性を得る上において、重要なことである。

また、本発明に従う圧電/電歪膜型アクチュエータにおいて、その高速応答性と大きな屈曲変位を得るために、かかるセラミック基板2の厚さは、一般に、 $100\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $50\mu\text{m}$ 以下、更に好ましくは $30\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましく、またそのヤング率は、 $1.5 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$

cm^2 以上、 $4.5 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$ 以下、特に $2.0 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$ 以上、 $4.0 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$ 以下であることが、好ましい。更に、その曲げ強度としては、 1200 kgf/cm^2 以上が好ましく、特に 1500 kgf/cm^2 以上であることが望ましい。

なお、かかるセラミック基板2としては、予め焼結した基板を用いても良く、また基板材料のグリーンシートを用い、前記の膜形成を行なった後に焼結させても良いが、その中では、予め焼結した基板が、素子の反りを小さくすることが出来、またパターン寸法精度が得られるところから、有利に用いられることとなる。

また、このようなセラミック基板2の基板形状は、特に規定されるものではなく、用途に合わせて如何なる形状でも採用可能であり、例えば三角形、四角形等の多角形、円、楕円、円環等の円形、楕状、格子状又はこれらを組み合わせた特殊形状であっても、何等差支えない。

次に、本発明に従う圧電/電歪膜型アクチュエ

ータにおける電極膜4、8の材料としては、前記熱処理温度程度の高温酸化雰囲気能耐えられる導体であれば、特に規制されるものではなく、例えば金属単体でも、合金でも良く、また絶縁性セラミックス等の添加物を加えた金属や合金と絶縁セラミックスの混合物であっても良く、更には導電性セラミックスであっても何等差支えない。尤も、その中でも、白金、パラジウム、ロジウム等の高融点貴金属類、銀-パラジウム、銀-白金、白金-パラジウム等の合金を主成分とする電極材料が好適に用いられる。また、上記混合物において、金属や合金に添加せしめられるセラミックスとしては、前記基板材料或いは後述する圧電/電歪材料と同じ材料であることが望ましく、その添加量は、基板材料においては5~30体積%程度、また圧電/電歪材料においては5~20体積%程度が好ましい。特に、それら基板材料と圧電/電歪材料を共に上記金属や合金に混在せしめてなる混合物が、目的とする電極膜の形成に有利に用いられる。これは、それら2種の添加物を配合するこ

とにより、先に述べた中間層膜と同様な効果が得られるからである。

そして、このような電極膜材料を用いて形成される下側電極膜4や上側電極膜8は、用途に応じて適宜の厚さとされることとなるが、一般に、 $15\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下の厚さにおいて形成されることとなる。

さらに、本発明に従う圧電/電歪膜型アクチュエータにおいて、圧電/電歪駆動部を構成する圧電/電歪膜6は、圧電或いは電歪効果等の電界誘起歪みを示す材料であれば、何れの材料を用いても形成され得るものである。また、そのような圧電/電歪膜材料は、結晶質の材料であっても、非晶質の材料であっても良く、また半導体であっても、誘電体セラミックス、強誘電体セラミックスであっても良く、更には分極処理が必要な材料であっても、不必要な材料であっても良いのである。

尤も、本発明に用いられる圧電/電歪膜材料としては、好ましくは、ジルコン酸チタン酸鉛(PZT系)を主成分とする材料、マグネシウムニオ

ブ酸鉛 (PMN系) を主成分とする材料、ニッケルニオブ酸鉛 (PNN系) を主成分とする材料、マンガニオブ酸鉛を主成分とする材料、アンチモンズ酸鉛を主成分とする材料、チタン酸鉛を主成分とする材料、チタン酸バリウムを主成分とする材料、更にはこれらの複合材料等が用いられる。なお、PZT系を主成分とする材料に、ランタン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガ等酸化物やそれらの他の化合物を添加物として含んだ材料、例えばPLZT系となるように、前記材料に所定の添加物を適宜に加えても何等差支えない。

そして、本発明に従う構造のアクチュエータにあっては、アクチュエータ特性の点から、圧電定数で $|d_{31}|$ が 50×10^{-12} (C/N) 以上、中でも、 100×10^{-12} (C/N) 以上である膜が、圧電/電歪膜 6 として有利に用いられることとなるのである。また、このような圧電/電歪膜 6 の厚さとしては、低電圧で駆動できる様に、 $100 \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $50 \mu\text{m}$ 以下、更に

好ましくは $30 \mu\text{m}$ 以下となるように選定されるのである。

以上、本発明に従う圧電/電歪膜型アクチュエータについて、図面に示される具体例に基づき詳細に説明してきたが、本発明が、そのような具体例によって何等の制約をも受けるものでないことは、言うまでもないところである。

そして、本発明には、上記の具体的記述以外にも、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて種々なる変更、修正、改良等を加え得るものであることが、理解されるべきである。

4. 図面の簡単な説明

第1図～第7図は、それぞれ、本発明に従う圧電/電歪膜型アクチュエータの異なる例を示す斜視部分説明図である。

- | | |
|-------------|-----------|
| 2 : セラミック基板 | 4 : 下側電極膜 |
| 6 : 圧電/電歪膜 | 8 : 上側電極膜 |
| 10 : スリット | 12 : 矩形孔 |

14 : 絶縁膜

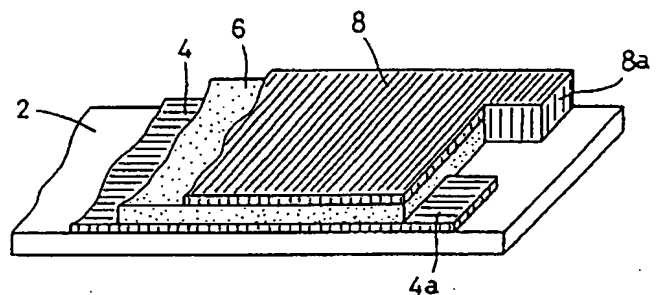
出願人 日本碍子株式会社

代理人 弁理士 中島 三千雄

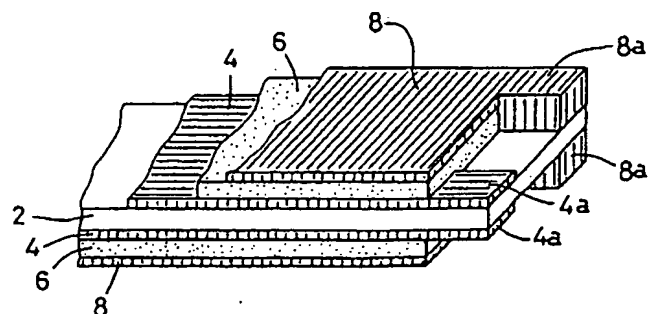
(ほか2名)



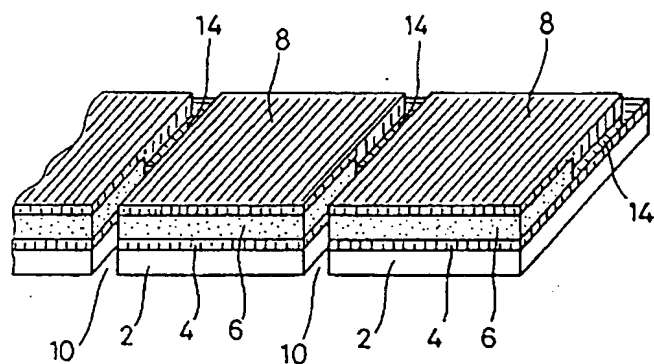
第1図



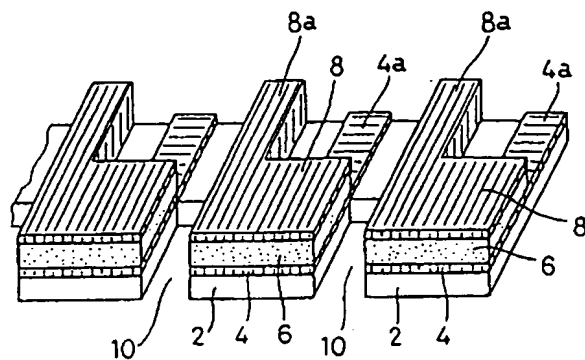
第2図



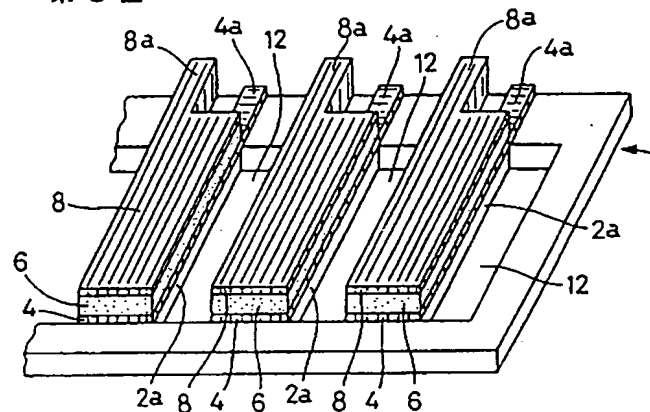
第 3 圖



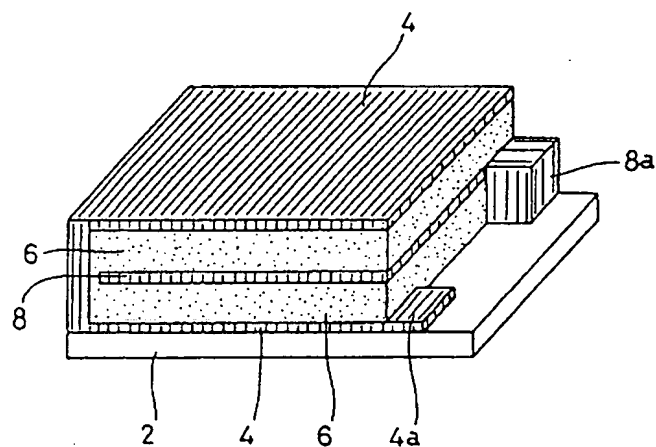
第 4 圖



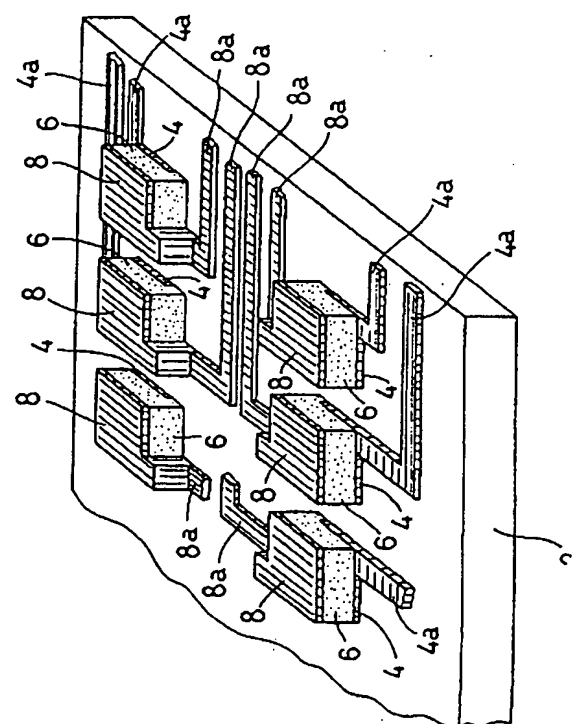
第 5 圖




第 6 圖



第 7 圖



手続補正書(自発)

平成2年  9日

特許庁長官 吉 田 文 毅 殿

1. 事件の表示

平成2年 特許願 第11174号

2. 発明の名称

圧電/電歪膜型アクチュエータ

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

名 称 (406) 日本碍子株式会社

4. 代 理 人

住 所 名古屋市中村区名駅三丁目14番16号
東洋ビル
〒450 電話(052)581-1060(代)

氏 名 (7819) 弁理士 中 島 三千雄



5. 補正の対象

(1) 明細書の発明の詳細な説明の欄

6. 補正の内容

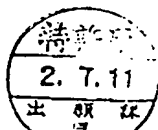
(1) 明細書第11頁第7行の「有するもの」を
「有するユニモルフ型或いはバイモルフ型のもの」に訂正する。

(2) 同 第14頁第1行の「良い。」の次に、下記
の文章を、改行することなく、挿入する。

記

「但し、電極膜8を、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、CVD法、メッキ法等の薄膜手法により形成する場合は、電極膜8を熱処理しなくても良い。」

以 上



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.